

⑤ Int. Cl. ⑤ 日本分類

G 01 n 113 J 12  
113 D 31

日本国特許庁

⑪ 特許出願公告

昭47-9080

## ⑩ 特許公報

④ 公告 昭和47年(1972) 3月 16日

発明の数 1

(全 9 頁)

1

2

## ④ 試料の含湿量測定装置

⑪ 特 願 昭 4 3 - 7 9 0 1 0

⑫ 出 願 昭 4 3 ( 1 9 6 8 ) 1 0 月 3 1 日

優先権主張 ⑬ 1 9 6 7 年 1 0 月 3 1 日 ⑭ アメ 5  
リカ国 ⑮ 6 7 9 3 2 5

⑯ 発 明 者 レロイ・エッチ・バスカー

アメリカ合衆国イリノイ州ロツク  
トン・イーストユニオン・ロード

同 ロバート・ジェイ・モツシヤー 10

アメリカ合衆国ウイソコンシン州  
ベロイト市ベルモント・ストリー  
ト 2 5 4 4

⑰ 出 願 人 ベロイト・コーポレーション

アメリカ合衆国ウイソコンシン州 15  
ベロイト市セントローレンス・  
アベニュー 1

復代理人 弁理士 大森重蔵

## 図面の簡単な説明

第 1 図はマイクロ波エネルギーが試料に流入出  
する仕方とその試料の含湿量測定装置を示す略図、  
第 2 図はこの発明の原理に従つて構成された試料  
含湿量測定装置の略図、第 3 図は試料の含湿量を  
測定するこの発明の他の実施例を示す略図、第 4 25  
図はこの発明の別の実施例を示す略図、第 5 図は  
この発明の尚別の実施例を示す略図、第 6 図は試  
料の含湿量を測定するために試料を通過する伝送  
エネルギーを増幅する装置を使用する装置の略図、  
第 7 図は試料の含湿率が比較的小さい場合それを 30  
測定するこの発明の他の実施例を示す略図、第 8  
図は第 7 図に示す測定装置の端面図、第 9 図は試  
料の含湿率が比較的小さい場合それを測定するこ  
この発明の別の実施例を示す略図、第 1 0 図は比較  
的乾燥した紙の場合の低損失を克服する進行波共 35  
振器に構成して試料の含湿率を測定する装置の略  
図、第 1 1 図は試料の両側に一對のマイクロ波ホ  
ーンを移動できるように取付けた装置の略図、第

1 2 図は第 1 1 図に示す装置の前面図、第 1 3 図  
はスラリ処理のために使用し、その含湿率を測定  
するために一對のマイクロ波ホーン間に支持する  
ようにした装置の立面図、第 1 4 図は第 1 3 図に  
示す装置の側面図、第 1 5 図は第 1 3 図及び 1 4  
図に示す装置の一部分を示す立面図、第 1 6 図は  
第 1 3 図及び第 1 4 図に示す装置中第 1 5 図に示  
す部品と組合わせるように配置された他の部品の  
立面図であつて、図面中同一又は同様な部品を同  
様な符号で表わす。

## 発明の詳細な説明

この発明は一般にマイクロ波エネルギーに影響  
を及ぼす物質成分の検出装置、特に物質の含湿量  
を測定する装置に関するものである。紙、紙製品、  
パルプスラリ等の含湿率測定にこの発明を特に応  
用することができるが、一般に液体、半液体又は  
固体の物質の含湿率の測定にこの発明を使用する  
ことができる。

マイクロ波発生器及びマイクロ波検波器に接続  
20 された二つのマイクロ波ホーン間に試料を置いて  
その含湿率を測定する方法は良く知られているが、  
ホーン間の試料の位置とこれらホーン間の距離を  
正確に維持できる時だけにこの方法を応用するこ  
とができる。マイクロ波ホーンに対する試料位置  
が湿気信号に著しい効果を及ぼすことが判つた。

マイクロ波の送受ホーン間に置かれた誘電質試  
料はその両面でエネルギーが反射するために定在  
波を造ることが良く知られている。受入ホーンが  
反射しないと仮定すれば、試料がない場合は定在  
波ができない。しかし試料を置く時、試料面から  
反射するエネルギー量と試料位置に左右される定  
在波ができる。

例えば紙带状物の含湿率を測定中の時は、带状  
物のホーンに対する位置を固定するのに相当の困  
難が生じる。紙带状物の含湿率測定ではその全幅  
の含湿率を測定するために紙を横切るように走査  
することが必要である。かかる走査はホーンの移  
動又はホーンに対する紙带状物の移動が必要にな

(2)

特公 昭47-9080

3

り、普通ホーンと帯状物の距離が若干変化する。その結果存在する定在波が試料表面から反射するエネルギー量に影響を及ぼす。かかる反射エネルギーの測定は又は伝送エネルギーの測定は試料の含湿率の決定に使用されるから、試料位置の変化は含湿率を示す読みの誤差になる。

製紙の場合はその製造過程で紙带状物の含湿率を決定しなければならない。即ち例えば紙带状物の乾燥中にその含湿率を決定することが望ましい場合がある。かかる紙带状物乾燥は乾燥ロールで行われるから、乾燥ロール中間で測定装置を挿入して進行する紙带状物で取付けることが容易にできる或る点で含湿率の測定を行わなければならない。しかし一對の乾燥ロール中間の一点を進行する紙带状物は通常その面に直角の運動成分を持つている。即ち進行する紙带状物が乾燥ロール間で翻えることがある。このために紙带状物はその含湿率測定に使用されるその両側のマイクロ波ホーンに近附いたりそれから遠去つたりする。マイクロ波ホーンに対すかかる移動でその含湿率の読みに誤差が生じるから、試料の位置による影響を除く手段が必要である。

それ故にこの発明の目的は試料の位置に由来する定在波の難点を除去して試料含湿量を測定する装置を提供することである。

他の目的はマイクロ波ホーン間隔が変化する時試料面の反射が変化する難点を除去して試料の含湿率を測定する装置を提供することである。

これらの目的その他の諸目的を達成するために、この発明は一般に試料にマイクロ波エネルギーを当てる位置にあるエネルギー輻射素子と、試料を通つたマイクロ波エネルギーを受ける位置にあるマイクロ波エネルギー受入素子と、マイクロ波エネルギーの波長で測定した輻射素子から試料に至る伝送路を少なくともマイクロ波エネルギーの半波長だけ連続的に変化させる装置とを備えている。

この発明の特色は周波数変調器をマイクロ波源に接続してマイクロ波源の周波数を予定範囲で掃引し、以て輻射素子から試料に至る伝送路を少なくともマイクロ波エネルギーの半波長だけ実効的に変化させることである。

他の特色は輻射素子と試料の物理的距離を、その間のマイクロ波エネルギー伝送路の半波長変化になる程度に連続的に変化させる装置を設けると

4

とである。

又別の特色は輻射素子と試料との間に取付けられて厚さが変化する誘電質円板と、この円板を予定の速さで回転して円板を経て試料に衝突するマイクロ波エネルギーの伝送路を連続的に変化させる装置とを設けることである。

この発明の以上の目的、その他の諸目的及び利点は図面に関する以下の詳細説明から完全に実現され、理解されるであろう。

第1図について説明すれば、同図は紙带状物の含湿率測定装置を略図し、マイクロ波源15がマイクロ波エネルギー伝送ホーン16に接続され、このホーンは紙带状物17のような試料17にP<sub>i</sub>で示すマイクロ波エネルギーを伝送するように配置されている。試料を通つたエネルギーP<sub>t</sub>を指示装置19に接続されたマイクロ波エネルギー受入ホーン18で受け、反射エネルギーP<sub>r</sub>を伝送ホーン16に送返す。受入ホーン18で検出されたエネルギー量もP<sub>t</sub>で試料17の含湿率を決定する。

試料17をホーン16と18との間に置く時は、試料面から反射するエネルギー量と試料のホーンに対する位置に左右される定在波ができる。試料17が1/4波長移動すると、マイクロ波の打消状態及び重なり状態ができ、それが反射エネルギーの極小点及び極大点として現われる。定在波の極小及び極大は半波長毎に現われることが知られている。試料をホーンに対して固定位置に保つのが困難であるから、この発明は試料位置の変化で変化する定在波で生じる誤差を除去する装置を目論んでいる。

試料位置感受性に関する問題を除去するために、この発明は信号源15の周波数を掃引する技術従つて変化する伝送電力の直流読みの平均値を得る技術を目論んでいる。最少の若干の条件を満足すると、平均の読みは試料位置に無関係になり、試料17中の湿気によるマイクロ波エネルギー吸収量を非常に有効に測定するのに役立つ。

満足しなければならない条件はマイクロ波周波数変化の広帯域周波数変調で伝送ホーン16と試料17との間の伝送路を少なくとも半波長だけ変化させて反射電力を極小値から極大値に確実に変化させることである。変化が伝送路の少なくとも半波長であると、反射電力を任意の与えられた状態で始める必要はない。

(3)

特公 昭 47-9080

5

例えば中心周波数 2.250 ギガヘルツ (1.35 cm) をマイクロ波源 15 で発生する場合、伝送ホーン 16 と試料 17 との間の伝送路を半波長変化させるのに、合計 1 ギガヘルツの掃引で充分である。この 1 ギガヘルツの全掃引は波長 1.32 cm ないし 1.38 cm に対応し、半波長だけずらすための試料 17 からホーン 16 に至る最短距離を次のよう計算することができる。即ち

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{1.35}{2} = 0.675 \text{ cm}$$

ここで  $\lambda$  は信号の波長である。

$$\Delta \lambda = \lambda_{\text{最大}} - \lambda_{\text{最小}} = 1.38 - 1.32 = 0.06 \text{ cm} (\Delta f = 1 \text{ GHz})$$

$L$  を受入ホーンと試料との間又は伝送ホーンと試料との間の最短距離とすれば、

$$L = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{1}{\Delta \lambda} = \frac{0.675}{0.06} = 11.28 \text{ cm}$$

実際には良い平均値を得るために、これより長い距離即ち広い周波数掃引が必要であるように思われる。例えば中心周波数 2.2 ギガヘルツでは少なくとも 2 ギガヘルツないし 3 ギガヘルツの周波数変調が必要であるように思われる。

又試料の帯状物をマイクロ波ホーン 16 及び 18 に対して傾斜させる方法で試料位置感受性を十分に減少し得ることが判つた。

電子掃引クライストロンは約 50 メガヘルツに限定されている。最小半波長をずらすのに、分離距離を約 11 ft にしなければならない。従つてクライストロンの使用は多分実的でないことが 30 訂明されるであろう。しかし後進波発振器のような装置を利用することができ、この装置は約 6 ギガヘルツないし 8 ギガヘルツの周波数を掃引する。

マイクロ波源の周波数をこのように掃引することの発明の一実施例を第 2 図に示す。図示するよう 35 に、マイクロ波源 15 は変調器 20 で制御されて出力の信号周波数が掃引されるマイクロ波発振器の形態を採ることができる。発振器 15 の出力をマイクロ波伝送ホーン 16 に接続し試料 17 を通して受入ホーン 18 にマイクロ波エネルギーを伝送する。ホーン 18 を積分器 22 に連なる整流器 21 に接続する。ホーン 18 で検出されて周波数が連続的に変化する信号を積分器 22 で積分してその平均値を直流信号として造り、この直流信号を指示装置 19 に供給する。受入ホーン 18 で検 45

6

出された信号の平均値は試料 17 の含湿率の測定値になり、これは試料 17 の位置に無関係である。

この発明の他の実施例を第 3 図に示す。第 3 図に示すように、発振器 15 は定周波数の信号を送ホーン 16 に供給する。高誘電率の低損材料で厚さが変わるように造られた車又は円板の形態にある誘電質チョツパ 23 を伝送ホーン 16 と試料 17 との間に配置する。円板 23 はその一方の面 23a が曲面で他方の面 23b が平らであつて円板 23 の回転時ホーン 16 から試料 17 の方に伝えられるエネルギーに対する厚さが増加する。円板 23 を可回転軸に取付け、この軸を電動機 25 に連結して円板 23 を回転させる。円板 23 の回転で誘電質材の厚さが増加して伝送路の長さが半波長変化する。円板 23 の平な面 23b は伝送ホーン 16 への反射を最少の定値に保つ。受入ホーン 18 で検出された信号を積分器 22 で積分して検出信号の平均値を造る。かかる信号の平均値を直流電圧の形態で指示器 19 に供給する。

この発明の尚別の実施例を第 4 図に示す。これは試料 17 をホーン 16 及び 17 に対して固定位置に維持する装置を使用する。図示するように、マイクロ波エネルギー源 15 を変調器 20 で変調し、その出力の変調信号を送入ホーン 16 に供給する。前に説明した実施例のように、受入ホーン 18 を積分器 22 に連なる整流器 21 に接続し、積分器 22 を指示装置 19 に接続する。マイクロ波エネルギー源 15 をホーン 16 に、ホーン 18 を積分器 22 に夫々導波管 (線で略示する) で接続する。ホーン間隔を定値に保つために、機械的支持体 26 を夫々の導波管間に設ける。試料 17 をテフロンシユー 27 に支持し、このシユーを受入ホーン 18 に支持する。このようにしてホーン 16 と 18 の間隔を機械的に支持体で一定に保ち、試料 17 のホーン 18 に対する位置を一定に保つ。

第 5 図はこの発明の他の実施例を示し、試料 17 の損失係数 (吸収) ではなく、その誘電率 (反射) を基にした測定法を使用している。空気と誘電体の中間面では入射エネルギーが反射し、反射エネルギー又は反射係数は誘電材の誘電率の函数であつて、次式で表わされる。

$$r = \frac{\sqrt{\epsilon} - 1}{\sqrt{\epsilon} + 1}$$

ここで  $r$  は反射エネルギー量、 $\epsilon$  は材質の誘電率である。

(4)

特公 昭47-9080

7

第5図に示すように、変調器20をマイクロ波エネルギー源15に接続して出力を変調し、これを伝送ホーン16に導波管16aを通して供給する。ホーン16が伝えるエネルギーの一部分を試料17に通して非反射面28で吸収させる。ホーン16が伝送するエネルギーの残部を試料17で反射してホーン16に戻す。方向性結合器29を導波管16aと導波管29aとの間に接続してホーン16が受けた反射エネルギーを導波管29aに結合する。導波管29aを積分器22に整流器21を通して接続し、この積分器をマイクロ波指示器19に接続して試料17の反射エネルギーを指示するようにする。試料17の誘電率は含湿率で変化するから、かかる反射エネルギーの測定で試料17の含湿量が指示される。

試料の含湿率測定に周波数変調法を応用する場合の困難は含湿率が比較的小さくて例えば30%未満の時に生じる。含湿率が大きい場合は、ホーン16及び18が試料17の平面に垂直の位置にあつてエネルギーが試料だけを一回通る時に信号対雑音比が適当な値になる。含湿率が5%ないし15%のように小さい場合は、エネルギーを一回又は二回までも試料に通して得られる減衰が実際上適当でない。

周波数変調器をマイクロ波エネルギー源15に接続し、後者を伝送ホーン16に接続した装置を第6図に示す。信号対雑音比を使用できる値にするために、マイクロ波エネルギーを試料17に最少6回通すのが必要であることが判つた。しかしマイクロ波エネルギーを試料17に何回か通す時はマイクロ波エネルギーを別のホーンから伝送する度に毎に輻射損失の多いものが生じることが判つた。又この困難を克服するために、マイクロ波エネルギーを平行にして損失を許容レベルに減少する誘電質マイクロ波レンズを使用すればよいことが判つた。

第6図に示すように、ホーン16から伝送されてホーン30で検出されたマイクロ波エネルギーをホーン16と30との間で試料17の両側にある誘電質マイクロ波レンズに通す。ホーン30を導波管で伝送ホーン33に接続してマイクロ波エネルギーを受入ホーン34に試料17を通して再伝送する。誘電質マイクロ波レンズ35及び36をホーン33と34との間で試料17の両側に置く。受入ホーン34を導波管で伝送ホーン37に

8

接続してマイクロ波エネルギーを受入ホーン18に試料17を通して伝え、ホーン18を指示器19に整流器21及び積分器22を通して接続する。誘電質マイクロ波レンズ38及び39をホーン37と18との間で試料17の両側に置き、マイクロ波エネルギーを再び平行にして損失を減少する。これはマイクロ波エネルギーを試料17に再び通すからである。

減衰を適当なレベルになる他の方法はマイクロ波エネルギーを試料17の全幅に通すことである。かかる方法を第7図及び第8図に示す。この方法では伝送ホーン16を試料17の一縁に置き、受入ホーン18をその他縁に置く。この方法に適当な減衰レベルを造るけれども、輻射損失が長い測定距離では比較的多くなる可能性がある。しかしこの輻射損失の問題を克服するために、マイクロ波レンズ40及び41を受入ホーン16及び18附近で試料17の対向両縁に置く。レンズ40及び41はエネルギーを平行にして試料17の伝送効率を改善する。

しかしマイクロ波エネルギーを試料17の全幅に通すと、試料の幅方向の含湿率の積分値を与え得るに過ぎず、含湿率曲線を造るのに不適當である。しかしこれと同一の概念を使用して試料17の幅方向の含湿率曲線を造り得る能力を保持し得ることが判つた。これを行うために、マイクロ波エネルギーを試料17をその幅方向で比較的浅い角度で横切らせる。かかる方法を第9図に示し、伝送ホーン16を試料17の一縁附近でその下方に置き、受入ホーン18を試料の反対側の縁附近でその上方に置く。輻射損失を減少するために、マイクロ波レンズ42及び43を夫々のホーン16及び18の附近に置きエネルギーを平行にして試料17の伝送効率を改善するようにする。ホーン16と18との間の送受方向線が試料17の平面と共に比較的浅い角度を定め、これらの線を44で示す。

第9図に示す配置ではマイクロ波ホーン16と18とその輻射エネルギーを整列状態に維持して減衰区域を試料17上の種々の位置に移動させるように、ホーン16及び18をその傍に矢印で示す通りに上下させて含湿率曲線を造ることができる。

第10図は又この発明の別の実施例を示し、試験中の試料が比較的乾燥している場合に遭遇する

(5)

特公 昭47-9080

9

低損失を克服するために使用するものである。第10図に示す構造は実質上進行波共振器である。進行波共振器の曲型的説明はエル・ゼー・ミルセビス及びアール・ポーティの論文「マイクロ波の理論及び技術」(アイ・アール・イー・トランザクションズ—J. R. E. Transactions—1958年4月第136頁)に見られ、リング共振器はエー・エフ・ハーベイ著「マイクロ波工学」(Microwave Engineering)第201頁ないし第202頁に説明されている。進行波共振器と空洞装置と同様に低レベル減衰の増強に使用することができる。

第10図に示すように、発振器15からの被変調エネルギーを成端46に導波管45を通して伝送する。導波管45を導波管48に方向性結合器47を通して接続し、導波管48を一端で伝送ホーン16に移相器49を通して接続し、他端で受入ホーン18に接続する。試料17をホーン16と18との間に取付け、一對の誘電質レンズ50及び51をホーン16と18との間で試料の両側に置く。方向性結合器52を受入ホーン18附近の導波管48と導波管53との間に接続し、導波管53をマイクロ波指示器19に整流器21及び積分器22を通して接続する。

試料17のホーン16及び18に対する位置を変化させる装置を第11図及び第12図に示す。図示するように、ホーン16を支持体54に取付け、複数本のレール55、56及び57を支持体54と第二支持体58との間に支持して両支持体を互に固定する。試料17を支持する第一の可動支持体59と受入ホーン18を支持する第二の可動支持体60をレール55、56及び57に移動できるように取付ける。受入ホーン18を導波管61によつて結晶検出器又は整流器21に接続する。第11図及び第12図に示す装置では試料又は受入ホーン18を伝送ホーン16に対して移動させることができる。かかる移動をマイクロ波エネルギーの半波長に等しい距離で行うと、前に説明した試料位置に由来する感受性が除去される。

広帯域周波数変調マイクロ波による含湿率測定を紙、織布、食品等のような多数の製品に応用することができる外に、以上に説明した総ての装置を又スラリの含湿率測定に使用することができる。スラリの含湿率測定に使用されるこの発明の方法

10

はスラリ主管路からスラリの一部分を抽出し、それを薄板又は帯状物の形態に分布することである。これを行うために比較的low損の誘電材に設けられた比較的浅い穴又は比較的狭い穴にスラリを分布する。

第13図ないし第16図は比較的浅い穴又は比較的狭い凹みを有する部品を示し、この凹みにスラリを分布することができる。凹みを有する図示部品をマイクロ波ホーン16と18との間に支持してスラリの含湿率を決定することができる。第13図ないし第16図に示すように、スラリ分布器65を低損誘電材で造られた一對の板66及び67で形成し、比較的広くて浅い溝68を板67の片面に造り、この板を夫々傾斜部分69及び70で入口71及び出口72に接合する。リップ73が溝68の底面から上方に延びてスラリを溝68の全幅に均質に分散するのに役立つ。板66もまた一對の傾斜部分74及び75を有し、これらの部分を夫々入口71及び出口72に接合する。板66及び67の有溝面を突合わせて一緒にすると、比較的浅い室76が入口71と出口72との間にできてそこを通るスラリを比較的薄板状に分散する。

この発明の新規な概念の精神及び範囲から逸脱せずに、変更及び変型を行い得ることは理解されるであろう。

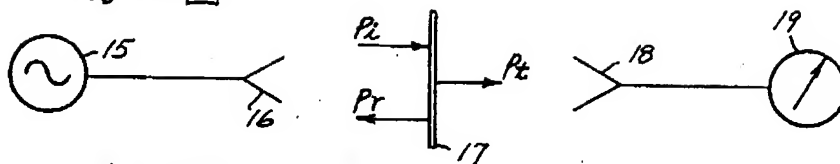
#### 特許請求の範囲

1 マイクロ波エネルギー源と、このエネルギー源に接続されてマイクロ波エネルギーを試料に当てる位置にあるマイクロ波エネルギー輻射素子と、試料から出るマイクロ波エネルギーを受ける位置にあるマイクロ波エネルギー受入素子と、この受入素子に接続されたマイクロ波エネルギー指示器と、上記マイクロ波エネルギー受入素子と上記指示器の間に接続された検出器と、上記検出器と上記指示器との間に接続された積分器と、輻射素子から試料に至る伝送路をマイクロ波エネルギー波長で測定して少なくともマイクロ波エネルギーの半波長だけ連続的に変化させる装置とを備え、上記マイクロ波エネルギー受入素子により検出された信号を検出器で検波し積分器で積分してその平均値から試料の含水率を検知するようにする、試料の含湿量測定装置。

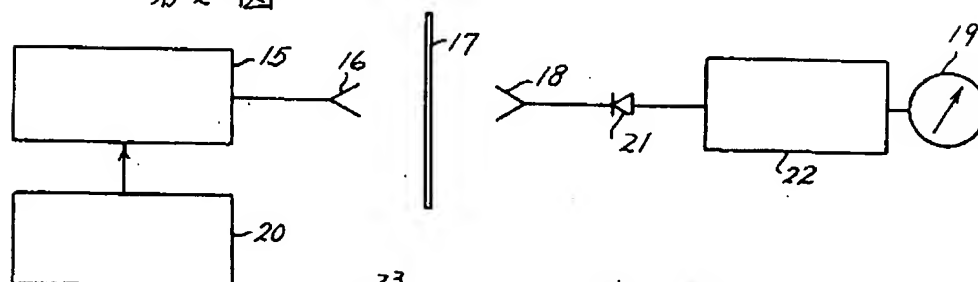
(6)

特公 昭 47-9080

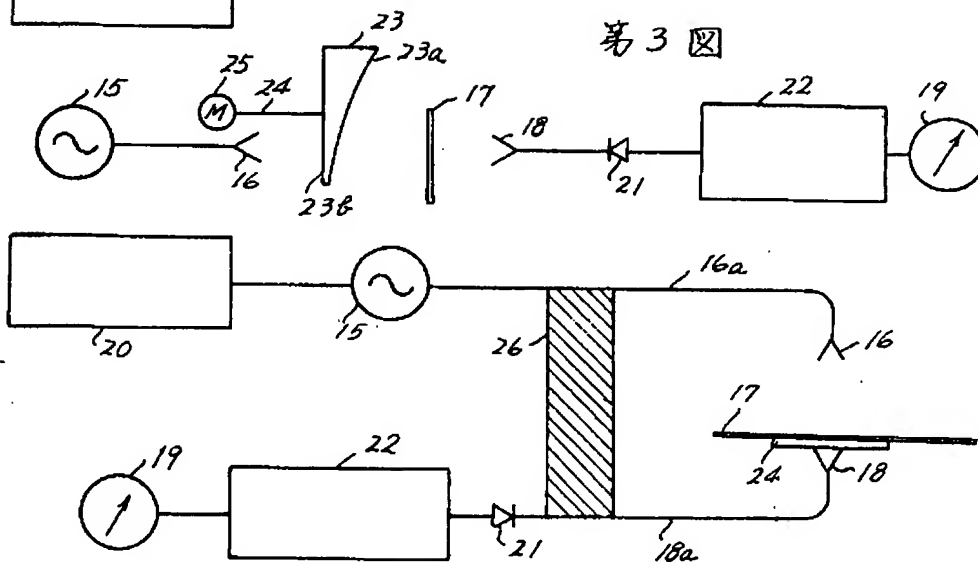
第 1 図



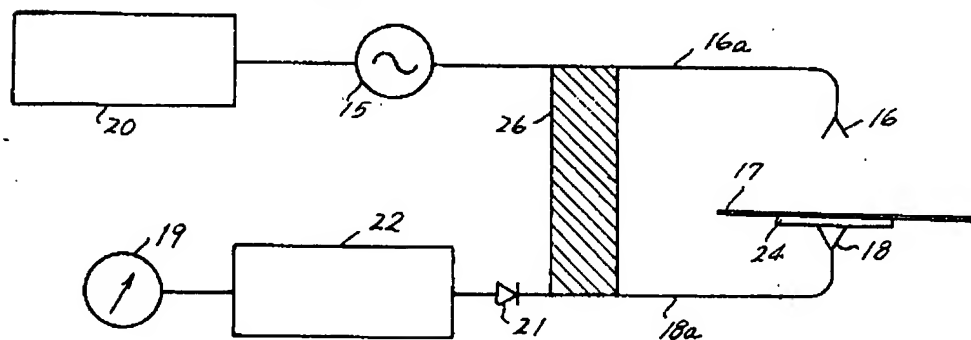
第 2 図



第 3 図



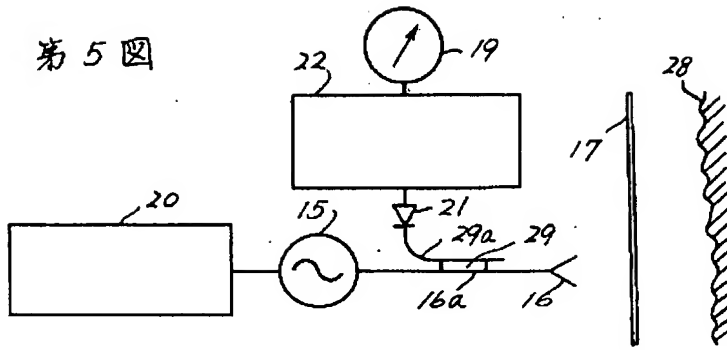
第 4 図



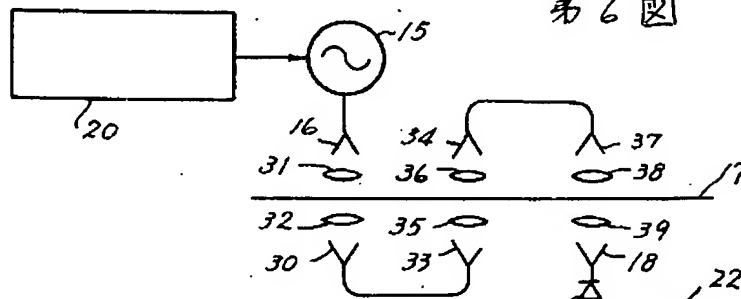
(7)

特公 昭 47-9080

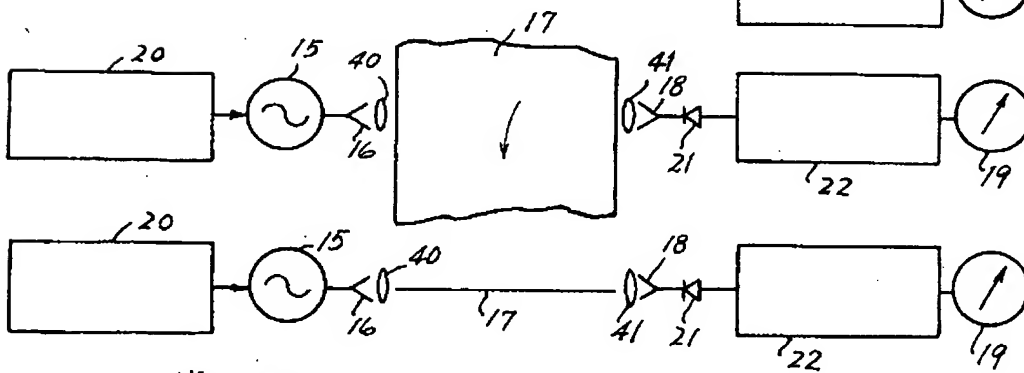
第5図



第6図



第7図

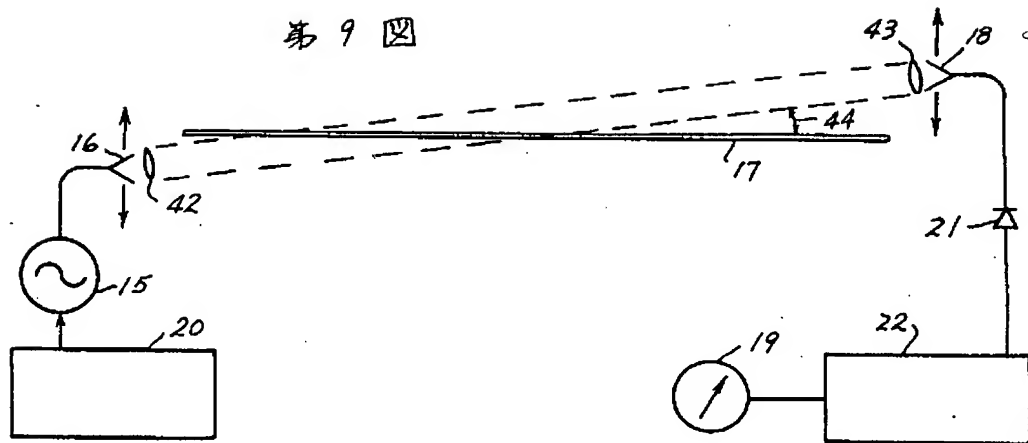


第8図

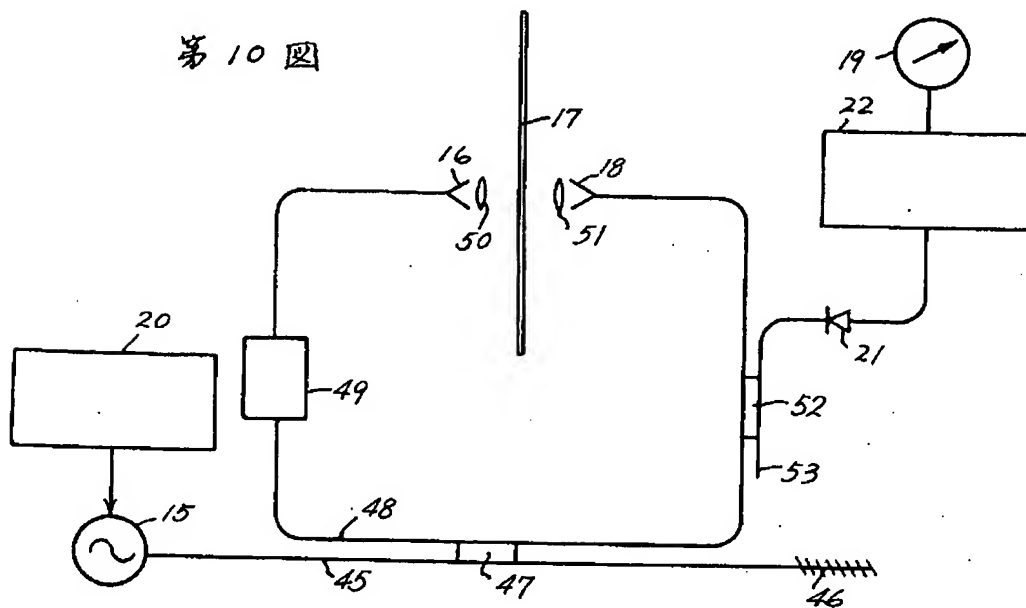
(8)

特公 昭 47-9080

第 9 図



第 10 図

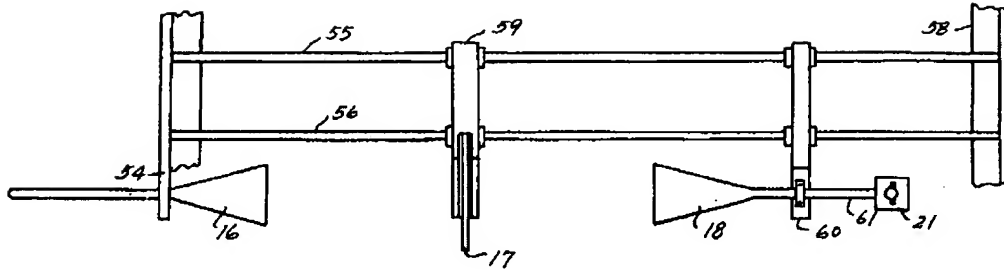




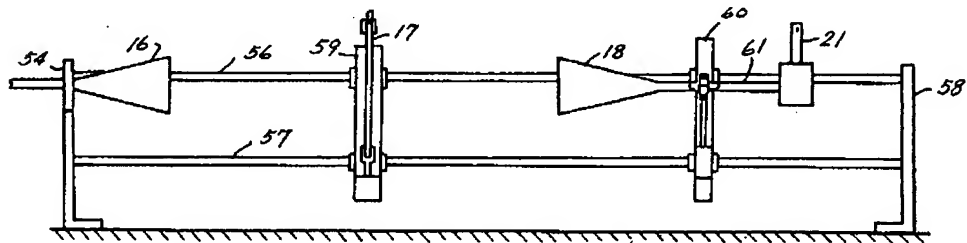
(9)

特公 昭 47-9080

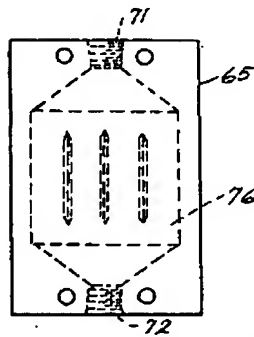
第11圖



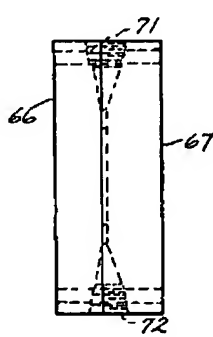
第12圖



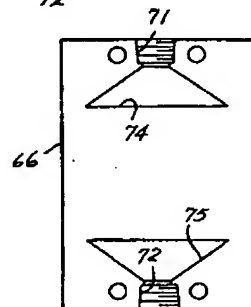
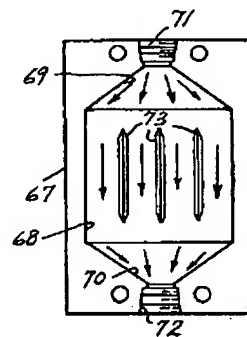
第13圖



第14圖



第15圖



第16圖